

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-264715

(43)Date of publication of application : 13.10.1995

---

(51)Int.Cl. B60L 11/18

H01G 9/155

H01M 8/04

H01M 8/10

---

(21)Application number : 06-071631 (71)Applicant : ASAHI GLASS CO LTD

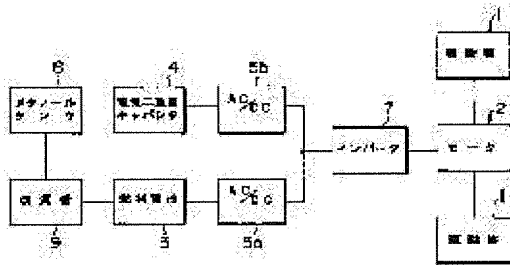
(22)Date of filing : 16.03.1994 (72)Inventor : KAZUHARA MANABU  
MORIMOTO TAKESHI  
HIRATSUKA KAZUYA  
IKEDA KATSU HARU

---

(54) ELECTRIC VEHICLE

## (57)Abstract:

PURPOSE: To improve an efficiency and a cycle durability by using a motor to be driven by a power source having a fuel battery and an electric double layer capacitor as a power source.



CONSTITUTION: DC currents discharged from a fuel battery 3 and an electric double layer capacitor 4 are respectively converted to ACs via DC/AC converters 5a, 5b, suitably frequency-converted by an inverter 7 of next stage, and supplied to a motor 2 for driving drive wheels 1. Discharging at the time of a high load such as starting, accelerating and at an ascent slope of a vehicle and quick

large-current discharging at regenerative braking are shared at electric double layer capacitor 4 having large power density, almost no current limit at the times of charging and discharging, excellent low temperature charging/ discharging characteristics and remarkably excellent charging and discharging cycle durabilities. The motor drive at the time of low load is shared at the battery 3. Thus, an energy efficiency, traveling performance and the cycle durability are improved.

## \* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

 CLAIMS
 

---

[Claim(s)]

[Claim 1]An electromobile making into the source of power a motor which has a power supply section which consists of a fuel cell and an electric double layer capacitor, and is driven by the power supply section.

[Claim 2]An electromobile making into the source of power a motor which has a power supply section containing a fuel cell, an electric double layer capacitor, and a rechargeable battery, and is driven by the power supply section.

[Claim 3]The electromobile according to claim 1 provided with a motor control means which charges the above-mentioned electric double layer capacitor with regenerative power by slowdown torque.

[Claim 4]The electromobile according to claim 2 provided with a motor control means which charges the above-mentioned electric double layer capacitor and the above-mentioned rechargeable battery with regenerative power by slowdown torque.

[Claim 5]When charge voltages of the above-mentioned electric double layer capacitor are lower than prescribed voltage, The electromobile according to claim 1 or 3 provided with a mechanism in which the above-mentioned motor is driven with a power supply of the electric double layer capacitor and/or the above-mentioned fuel cell when charging current is supplied to the above-mentioned electric double layer capacitor from the above-mentioned fuel cell and voltage of the above-mentioned electric double layer capacitor rises from prescribed voltage.

[Claim 6]When charge voltages of the above-mentioned electric double layer capacitor are lower than prescribed voltage, When charging current is supplied to the above-mentioned electric double layer capacitor from the above-mentioned fuel cell and voltage of the above-mentioned electric double layer capacitor rises from prescribed voltage, The electromobile according to claim 2 or 4 provided with a mechanism charged until voltage of the rechargeable battery reaches specified voltage to the above-mentioned rechargeable battery from the above-mentioned electric double layer capacitor and/or the above-mentioned fuel cell.

[Claim 7]An electromobile given in any 1 paragraph of claims 1-6 which are the polymers solid electrolyte fuel cells with which the above-mentioned fuel cell operates below 120 \*\*.

[Claim 8]The electromobile according to claim 7 which is equipped with a heater to which temperature up of the above-mentioned fuel cell is carried out quickly and to which electric power to the heater is supplied by discharge of the above-mentioned electric double layer capacitor.

[Claim 9]An electromobile given in any 1 paragraph of claims 1-8 by which an

electrolysis solution of a nonaqueous solution system is used for the above-mentioned electric double layer capacitor.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to an electromobile, and if it says in more detail, it relates to the electromobile driven mainly with a fuel cell.

[0002]

[Description of the Prior Art] Although the electromobile attracts attention as an eco-friendly car, the method which uses the charged rechargeable battery as a power supply, and drives a motor by discharge of the rechargeable battery is in use in the conventional electromobile. It is necessary to charge from external DC power supply in a predetermined cycle according to the consuming conditions or, and the rechargeable battery needs to charge a mounted solar cell as a power supply.

[0003] These days, a fuel cell and a rechargeable battery are carried and the electromobile which drives a motor by it is also being developed. Namely, it has the fuel cell 3 and the rechargeable battery 20 as a power supply as shown in drawing 8, A direct current acquired from them is changed into exchange by the DC-AC converters 5a and 5b, respectively, the frequency is suitably changed with the inverter 7, and he operates the motor 2, and is trying to drive the wheels 1 and 1.

[0004] In this case, as the rechargeable battery 20, a lead storage battery, a nickel-Cd cell, a Ni-H battery, a Na-S cell, and a nickel-Zn cell are examined, and the lead storage battery and the nickel-Cd cell are mainly used. Direct current power is obtained from the fuel cell 3 by the fuel cell's 3 using methanol as fuel, changing the methanol into hydrogen gas with the methanol-reforming machine 9 from the methanol tank 8, and pouring the hydrogen gas with prescribed temperature.

[0005] About the actual condition of an electromobile, 55-58th pages of "Electrics Association magazine" July, Heisei 5 item, 20-45th pages of "motor fan" September, 1992 item, and "SAE technical paper series" SAE-93011 (U.S.) etc. has description. According to it, using 15 nickel-Cd rechargeable batteries of 150AH, it is reported for 10 hours that the mileage in charge is 160 km, and it is reported. [ top speed ] [ 85 km/h ]

[0006] About use to the electromobile of a fuel cell, 48-52nd pages of "clean energy"

May, 1993 item and "US DOE Report" LA-UR-93-728 (U.S.) etc. has description. Although a fuel cell electric vehicle is still a developmental stage, the system which drives a motor is made foundations by the power supply which combined the fuel cell and the rechargeable battery.

[0007]In the actual condition, two kinds, a phosphoric acid type (PAFC) and a solid-polymer-membrane type (PEFC), are in the shortest distance to utilization as a fuel cell for mount. As fuel, hydrogen gas by refining of fuel, such as liquefied hydrogen, hydrogen stored in the hydrogen storing metal alloy, and methanol, etc. are used abundantly. Compared with the complicatedness of charge of the conventional electromobile only using a rechargeable battery, since a fuel cell is simple for supply of fuel, it is attractive.

[0008]On the other hand, about use of the electric double layer capacitor to an electromobile, the electromobile as shown in drawing 9 is proposed by JP,4-26304,A, for example, and it is considered as the drive system by the power supply section which used together the electric double layer capacitor 4 and the rechargeable battery 20 at drawing 9.

[0009]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]In the electromobile using a rechargeable battery, the power density of a rechargeable battery is low, and in order to correspond to the high current at the time of motor start, weight of a rechargeable battery must be enlarged. Since the output in 0 \*\* or less with a short charge-and-discharge cycle life is low, the issue of some, like charge is complicated and there is which charge with a narrow category temperature range takes a long time and which should be solved occurs.

[0010]Since a rechargeable battery cannot respond to high current charge when charging the electric power by regenerative braking at a rechargeable battery, the regeneration electrical energy is transformed into thermal energy with the electrical resistor, and there is a problem that the capacity factor of the kinetic energy of vehicles is low.

[0011]Even though it uses a rechargeable battery and a fuel cell together to an electromobile, power density is low similarly, and in order to make it correspond to the high current at the time of the motor start, weight of a fuel cell or a rechargeable battery must be enlarged. The issue which should solve that the capacity factor of regeneration electrical energy with a narrow category temperature range with a low output in 0 \*\* or less with a short charge-and-discharge cycle life is low etc. still occurs.

[0012]The purpose of this invention is to provide the electromobile provided with the cycle durability good power supply system solve these technical problems, and it is efficient, and good [ convenience ].

[0013]

[Means for Solving the Problem]In order to attain the above-mentioned purpose, an electromobile of this invention has a power supply section which consists of a fuel cell and an electric double layer capacitor, and is characterized by making into the source of power a motor driven by the power supply section.

[0014]The purpose of describing this invention above is attained also by adding a rechargeable battery to the above-mentioned power supply section further.

[0015]Also in which case, it is preferred to have a motor control means which charges an electric double layer capacitor and/or a rechargeable battery with regenerative power by slowdown torque.

[0016]When charge voltages of an electric double layer capacitor are lower than prescribed voltage, When charging current is supplied to an electric double layer capacitor from a fuel cell and voltage of an electric double layer capacitor rises from prescribed voltage, it is good to make it drive a motor with a power supply of an electric double layer capacitor and/or a fuel cell.

[0017]Have a rechargeable battery, and when charge voltages of an electric double layer capacitor are lower than prescribed voltage, When charging current is supplied to an electric double layer capacitor from a fuel cell and voltage of an electric double layer capacitor rises from prescribed voltage, it is good to make it charge until voltage of the rechargeable battery reaches specified voltage from an electric double layer capacitor and/or a fuel cell to a rechargeable battery.

[0018]Compared with an electromobile with which an electromobile of this invention makes the conventional rechargeable battery the main energy source since the main energy source is a fuel cell, capacity thru/or a size of a rechargeable battery is remarkably small, and ends. Since a rechargeable battery has an effect complemented when charging capacity of an electric double layer capacitor runs short, both traveling performance and energy efficiency improve.

[0019]Charging an electric double layer capacitor by constant current to prescribed voltage in this invention prevents overcharge of an electric double layer capacitor, an over-current, and excess voltage, and reservation of the safety of an electric double layer capacitor and long term durability has an effect. Charging a rechargeable battery, controlling until it reaches prescribed voltage also has a desirable effect, in order to secure the safety of a rechargeable battery, and charge-and-discharge cycle

durability.

[0020]A fuel cell is used, for example with a polymers solid electrolyte fuel cell in a 20–120 \*\* temperature region, in order to enlarge discharge current generally. In a phosphoric acid fuel cell, it is used in a 300–400 \*\* temperature region. For this reason, in advance of use of these fuel cells, a cell is preheated mostly. In order to preheat a cell promptly to a prescribed temperature region, it is good to send a high current through an electric heating heater, therefore to use electric power by discharge of an electric double layer capacitor.

[0021]It is preferred to use a polymers solid electrolyte fuel cell which operates below 120 \*\* for a fuel cell in respect of power density, the ease of start up, stability, etc. Especially desirable operating temperature of this fuel cell is 30–90 \*\*.

[0022]A fuel cell with sufficient efficiency of regular discharge with low loading shares a motor drive at the time of low loading with an electromobile in this invention, On the other hand, an electric double layer capacitor shares discharge with heavy loads, such as start of vehicles, acceleration, and an uphill, and rapid high current charge by regenerative braking, a rechargeable battery is added to this system still more preferably, and energy efficiency is made to improve.

[0023]As a solid polymer electrolyte, a perfluoro sulfonic acid film of proton conductivity, for example, a FUREMION film by Asahi Glass Co., Ltd., etc., (trade name) is used. Although energy efficiency of a fuel cell is theoretically good, since a load change, a temperature change, and the low-temperature characteristic have a difficulty, If it complements with an electric double layer capacitor which has the feature which was excellent in a load change, a temperature change, and the low-temperature characteristic in these points, a power supply system for the new electromobile which is easy to drive with sufficient energy efficiency can be obtained.

[0024]A desirable electric double layer capacitor used for an electromobile of this invention uses as an element what impregnated with an electrolysis solution on both sides of a separator between activated carbon electrodes of a couple, it laminates it, carrying out electrical connection of this element in series, and attains high-tension-ization of a capacitor.

[0025]While enlarging area of an activated carbon electrode of a capacitor, it is preferred to laminate or wind and to attain large scale-ization of a capacitor, carrying out electrical connection of the element in parallel.

[0026]A sheet shaped or a molding concurrent-sintering plate which consists of activated carbon powder, an activated carbon fiber, a conductive substance, a binder, etc. preferably is used for an activated carbon electrode. Carbon black, Ketchen black,

ruthenium oxide, aluminum textiles, nickel, and stainless steel are preferably used for a conductive substance.

[0027]an electrolysis solution — both a nonaqueous solution system and an aqueous solution system — although, although it can be used, Since withstand voltage of an element is raised to 2.5V–3.0V and can use a metallic foil of low resistance for a charge collector thinly if a nonaqueous solution system electrolysis solution is used, it is desirable at a point which can perform a miniaturization of an electric double layer capacitor, low-resistance-izing, and high energy-ization.

[0028]Since withstand voltage of an element using an aqueous solution system electrolysis solution is 0.8–1.0V, it is preferred to laminate at least five elements in series (connection), to carry out voltage of unit capacitors more than 5V, and to use. It is preferred to arrange the electric capacity 500–30000F, the rated voltage 2.5–20V, and the following [ direct-current internal resistance 25mohm ] in unit capacitors used for an electromobile of this invention in series and in parallel, and to use them for them. [ two or more ]

[0029]

[Function]In this invention, since the electric double layer capacitor which power density is large, and there is almost no current limiting at the time of charge and discharge, and is moreover excellent in a low-temperature charging and discharging characteristic and in which charge-and-discharge cycle durability is remarkably excellent is used for a power supply section combining a fuel cell, a notably good electromobile is obtained for traveling performance.

[0030]

[Example]Hereafter, although an example explains the electromobile of this invention concretely, this invention is not limited at all by these examples.

[0031]First, the 1st example is described, referring to drawing 1. This electromobile equips that power supply section with the fuel cell 3 and the electric double layer capacitor 4. A direct current discharged from the fuel cell 3 and the electric double layer capacitor 4 is changed into exchange via the DC/AC converters 5a and 5b, respectively, and frequency conversion is suitably carried out with the inverter 7 of the next step, and it is supplied to the motor 2 which drives the driving wheels 1 and 1.

[0032]The methanol which the fuel cell 3 uses as fuel is changed into hydrogen gas with the methanol-reforming machine 9 from the methanol tank 8, and is supplied to the fuel cell 3. Although not illustrated, in the fuel cell 3, the zygote of an electrode and a film which made both sides of the perfluoro sulfonic acid film (the FUREMION film by Asahi Glass Co., Ltd. and 100 micrometers in thickness) support a platinum



system electrode catalyst is provided.

Direct current power is obtained by supplying the hydrogen gas obtained by refining of the air which was about 80 \*\* at the both sides of the zygote of the electrode and film, respectively, and methanol.

In this example, fuel cell elements were connected to 60-piece series, for example, and the voltage of 56V has been obtained.

[0033]The following were used for the electric double layer capacitor 4. First, the organic solvent was made to distribute uniformly 82 % of the weight of activated carbon powder (specific surface area  $1800\text{m}^2/\text{g}$ , mean particle diameter of 3 micrometers), 8 % of the weight of Ketchen black, and 10 % of the weight of fluoro-resin binders, and it was considered as the slurry.

[0034]Both sides of 50-micrometer-thick aluminum etching foil (10-cm width, 100-m length) were coated with this activated carbon slurry by dip coating. In advance of coating, some aluminum etching foil was masked beforehand.

[0035]Many electrode bodies which have collecting terminals with masking which dried the coated slurry at 120 \*\* for 3 hours, and the activated carbon electrode was made to adhere to the size of 10 cm x 10 cm, and have been projected in the corner were started. The terminal of aluminum was joined to the collecting-terminals portion which removed masking with caulking.

[0036]And the collecting terminals which use as a capacitor element what the electrode plate with collecting terminals was made to counter via the separator which consists of hemp of Manila, and was laminated, and connect the collecting terminals used as an anode with both 50 sheets, and serve as a negative electrode similarly were connected with both 50 sheets, and vacuum drying of the layered product was carried out at 130 \*\*.

[0037]Subsequently, the layered product was stored in the square-shaped polypropylene case, tetraethyl phosphonium tetrafluoroborate was dissolved in propylene carbonate liquid, and the electric double layer capacitor was obtained by being impregnated and sealing the electrolysis solution made into the concentration of 1 mol/l.

[0038]This capacitor is rating 2.8V and 1000F and internal direct-current-resistance 3mohm, and connected the thing linked to 20-piece series to 15-set parallel. The voltage of a stack is used in the rating 56V. The structure of this mass electric double layer capacitor is shown in drawing 2, and the lamination situation of that electrode body is shown in drawing 3.

[0039]According to this, what countered the anode 10 and the negative electrode 11

via the separator 15 is laminated. Each anode 10 and each negative electrode 11 are pulled out via the lead terminals 12 and 12, respectively, and are connected to the terminals 13 and 14. Eventually, this electrode body is stored in the case 16, and is sealed by the top cover 17.

[0040]Next, the 2nd example of this invention is described based on drawing 4.

Although it has the fuel cell 3 and the electric double layer capacitor 4 as a power supply section like Example 1, in addition to it, in this electromobile, the rechargeable battery 20 is incorporated as a power supply for a complement.

[0041]The 3rd example of this invention is shown in drawing 5. Although the fundamental composition of this 3rd example is the same as Example 1, he is trying to supply that electric power from the electric double layer capacitor 4 to the heater 6 for heating which preheats the fuel cell 3 at 80 \*\* from a room temperature.

[0042]The 4th example of this invention is shown in drawing 6. Although the power supply section of this electromobile is equipped with the fuel cell 3 and the electric double layer capacitor 4 in this example, a direct-current motor is used for the motor 2 for a wheel drive, and the electric double layer capacitor 4 is connected to the motor 2 via the motor control circuit 27. In this example, it has the current control circuit 26 which supervises voltage  $V_1$  between terminals of the electric double layer capacitor 4.

[0043]When voltage  $V_1$  between terminals of the electric double layer capacitor 4 is lower than predetermined voltage set value  $V_2$  impressed to the motor control circuit 27, the current control circuit 26, the current detection machine 24 —  $I_1$  — the switching element 21 is made one so that constant current may be detected, and the electric double layer capacitor 4 is made to charge by the constant current  $I_1$  from the fuel cell 3

[0044]If the electric double layer capacitor 4 reaches prescribed voltage by this charge, the motor 2 will be started by discharge of the electric double layer capacitor 4. If the motor 2 starts a slowdown during a high velocity revolution, the regenerative power will be charged by the electric double layer capacitor 4. By operating voltage set value  $V_2$  and making it low, a regular run is provided mainly with the electric power of the fuel cell 3. The current flowing-back circuit is constituted by the diodes 22 and 23 and the reactor 25 so that the above-mentioned current  $I_1$  may be kept constant.

[0045]The 5th example of this invention is shown in drawing 7. Although the 5th example is the same as the 4th example of the above fundamentally, the rechargeable battery 20 is additionally connected to the power supply section as a power supply for a complement.

[0046]The voltage controller 38 which compares voltage  $V_1$  between terminals of the electric double layer capacitor 4 with voltage  $V_3$  between terminals of the rechargeable battery 20 in the 5th example, The switching element 28 which turns on and off the charging current from the electric double layer capacitor 4 to the rechargeable battery 20, The switching element 29 which turns on and off the charging current from the rechargeable battery 20 to the electric double layer capacitor 4 on the contrary, The current detection machine 35 which detects the charging current, and the current control circuits 36 and 37 which control each switching elements 28 and 29 so that the charging current becomes fixed are formed.

[0047]The diodes 31 and 33 for a bypass which make the current direction reverse are connected to each switching elements 28 and 29 in parallel, respectively.

Among the switching elements 28 and 29, the diodes 30 and 32 and the reactor 34 which constitute the current flowing-back circuit for keeping the above-mentioned charging current constant are formed.

[0048]When voltage  $V_1$  between terminals of the electric double layer capacitor 4 is lower than prescribed voltage  $V_2$  impressed to the motor control circuit 27, the current control circuit 26, the current detection machine 24 —  $I_1$  — the switching element 21 is made one so that constant current may be detected, and the electric double layer capacitor 4 is made to charge by the constant current  $I_1$  from the fuel cell 3

[0049]When the electric double layer capacitor 4 reaches prescribed voltage, by this charge when voltage  $V_3$  of the rechargeable battery 20 is lower than prescribed voltage, The switching element 28 is considered as one by the current control circuit 36, and predetermined charging current  $I_3$  is supplied to the rechargeable battery 20 based on a signal with the current detection machine 35 via the switching element 28 and the diode 33 from the electric double layer capacitor 4.

[0050]When voltage  $V_1$  between terminals of the electric double layer capacitor 4 is lower than voltage  $V_3$  of the rechargeable battery 20, The switching element 29 is considered as one by the current control circuit 37, Based on a signal with the current detection machine 35, the predetermined charging current  $I_2$  is supplied to the electric double layer capacitor 4 via the switching element 29 and the diode 31 from the rechargeable battery 20, and after it does in this way and the electric double layer capacitor 4 is charged by prescribed voltage, the motor 2 drives.

[0051]

[Effect of the Invention]As explained above, the following effects are done so in the

electromobile of this invention. Namely, the electric double layer capacitor which power density is large, and there is almost no current limiting at the time of charge and discharge, and is moreover excellent in a low-temperature charging and discharging characteristic and in which charge-and-discharge cycle durability is remarkably excellent, The efficiency of regular discharge with low loading combining a good fuel cell Start of vehicles, By making the discharge in the time of heavy loads, such as acceleration and an uphill, and the rapid high current charge by regenerative braking share with an electric double layer capacitor, and having made it make the motor drive at the time of low loading share with a fuel cell, traveling performance is excellent in high energy efficiency, and, moreover, a cycle durability good electromobile is provided.

[0052]When a rechargeable battery is combined in addition to an electric double layer capacitor and a fuel cell and the charging capacity of an electric double layer capacitor runs short, improvement in much more traveling performance and energy efficiency is achieved by having complemented charging current from this rechargeable battery. In this case, since it is considered as the main energy source and the fuel cell, the capacity and the size of a rechargeable battery which load the conventional rechargeable battery compared with the electromobile made into the main energy source will be remarkably small, and will end.

[0053]In charging an electric double layer capacitor with a fuel cell or a rechargeable battery, by setting the charging current constant, overcharge of an electric double layer capacitor, an over-current, and excess voltage are prevented, and the effect that the safety and long term durability are securable etc. is done so.

---

[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-264715

(43)公開日 平成7年(1995)10月13日

| (51)Int.Cl. <sup>6</sup> | 識別記号 | 庁内整理番号  | F I           | 技術表示箇所             |
|--------------------------|------|---------|---------------|--------------------|
| B 6 0 L 11/18            | G    |         |               |                    |
| H 0 1 G 9/155            |      |         |               |                    |
| H 0 1 M 8/04             | T    | 9444-4K |               |                    |
| 8/10                     |      | 9375-5E |               |                    |
|                          |      |         | H 0 1 G 9/ 00 | 3 0 1 Z            |
|                          |      |         | 審査請求 未請求      | 請求項の数9 F D (全 9 頁) |

(21)出願番号 特願平6-71631

(22)出願日 平成6年(1994)3月16日

(71)出願人 000000044

旭硝子株式会社

東京都千代田区丸の内2丁目1番2号

(72)発明者 数原 学

神奈川県横浜市神奈川区羽沢町1150番地

旭硝子株式会社中央研究所内

(72)発明者 森本 剛

神奈川県横浜市神奈川区羽沢町1150番地

旭硝子株式会社中央研究所内

(72)発明者 平塚 和也

神奈川県横浜市神奈川区羽沢町1150番地

旭硝子株式会社中央研究所内

(74)代理人 弁理士 大原 拓也

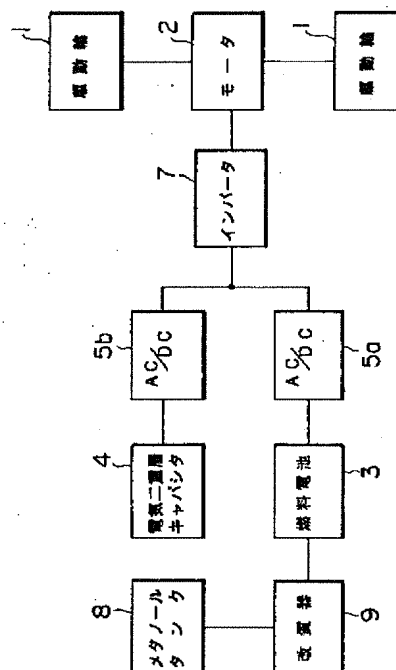
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 電気自動車

(57)【要約】

【目的】 高エネルギー効率で走行性能に優れ、しかもサイクル耐久性の良い電気自動車を提供する。

【構成】 燃料電池3と電気二重層キャパシタ4とからなる電源部を備え、同電源部により駆動されるモータ2を電気自動車の動力源とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 燃料電池と電気二重層キャパシタとからなる電源部を有し、同電源部により駆動されるモータを動力源とすることを特徴とする電気自動車。

【請求項 2】 燃料電池、電気二重層キャパシタおよび二次電池を含む電源部を有し、同電源部により駆動されるモータを動力源とすることを特徴とする電気自動車。

【請求項 3】 減速トルクによる回生電力により上記電気二重層キャパシタを充電するモータ制御手段を備えている請求項 1 に記載の電気自動車。

【請求項 4】 減速トルクによる回生電力により上記電気二重層キャパシタおよび上記二次電池を充電するモータ制御手段を備えている請求項 2 に記載の電気自動車。

【請求項 5】 上記電気二重層キャパシタの充電電圧が所定電圧より低い時には、上記燃料電池から上記電気二重層キャパシタに充電電流を供給し、上記電気二重層キャパシタの電圧が所定電圧より上昇した時には、同電気二重層キャパシタおよび／または上記燃料電池の電源で上記モータを駆動する機構を備えている請求項 1 または 3 に記載の電気自動車。

【請求項 6】 上記電気二重層キャパシタの充電電圧が所定電圧より低い時には、上記燃料電池から上記電気二重層キャパシタに充電電流を供給し、上記電気二重層キャパシタの電圧が所定電圧より上昇した時には、上記電気二重層キャパシタおよび／または上記燃料電池から上記二次電池に対して、同二次電池の電圧が規定電圧に達するまで充電する機構を備えている請求項 2 または 4 に記載の電気自動車。

【請求項 7】 上記燃料電池が 120℃以下で作動する高分子固体電解質燃料電池である請求項 1～6 のいずれか 1 項に記載の電気自動車。

【請求項 8】 上記燃料電池を急速に昇温させるヒーターを備え、同ヒーターへの電力が上記電気二重層キャパシタの放電により供給される請求項 7 に記載の電気自動車。

【請求項 9】 上記電気二重層キャパシタに非水溶液系の電解液が用いられている請求項 1～8 のいずれか 1 項に記載の電気自動車。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は電気自動車に係り、さらに詳しく言えば、主として燃料電池により駆動される電気自動車に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 電気自動車は低公害車として注目されているが、従来の電気自動車では、充電された二次電池を電源とし、その二次電池の放電でモータを駆動する方式が主流となっている。二次電池はその消耗状態に応じて所定のサイクルで外部の直流電源から充電するか、もしくは車載の太陽電池を電源として充電する必要がある。

【0003】 最近では、燃料電池と二次電池とを搭載し、それによってモータを駆動する電気自動車も開発されつつある。すなわち、図 8 に示されているように、電源として燃料電池 3 と二次電池 20 とを有し、それらから得られる直流電流をそれぞれ DC-AC コンバータ 5a, 5b にて交流に変換し、インバータ 7 にて適宜その周波数を変換してモータ 2 を運転し、車輪 1, 1 を駆動するようにしている。

【0004】 この場合、二次電池 20 としては、鉛蓄電池、Ni-Cd 電池、Ni-H 電池、Na-S 電池や Ni-Zn 電池が検討され、鉛蓄電池と Ni-Cd 電池が主に用いられている。燃料電池 3 は例えばメタノールを燃料とし、そのメタノールをメタノールタンク 8 よりメタノール改質器 9 にて水素ガスに変換し、その水素ガスを所定温度で流すことにより、同燃料電池 3 から直流電力が得られる。

【0005】 電気自動車の現状については、「電気協会雑誌」平成 5 年 7 月号第 55～58 ページ、「モーターファン」1992 年 9 月号第 20～45 ページ、「SAE technical paper series」SAE-93011 (米国) などに記述がある。それによると、150AH の Ni-Cd 二次電池 15 個を用い、10 時間充電での走行距離は 160 km、最高速度は 85 km/h と報告されている。

【0006】 また、燃料電池の電気自動車への利用については、「クリーンエネルギー」1993 年 5 月号第 48～52 ページ、「US DOE Report」LA-UR-93-728 (米国) などに記述がある。燃料電池自動車は未だ開発途上であるが、燃料電池と二次電池とを組み合わせた電源により、モータを駆動するシステムが基本とされている。

【0007】 現状においては、車載用燃料電池としては、リン酸型 (PAFC) と固体高分子膜型 (PEFC) の 2 種類が実用化への最短距離にある。燃料としては、液化水素、水素吸蔵合金に蓄えられた水素、メタノールなどの燃料の改質による水素ガスなどが多用されている。二次電池のみを用いる従来の電気自動車の充電の煩雑さに比べ、燃料電池は燃料の補給が簡単なため魅力的である。

【0008】 一方、電気自動車への電気二重層キャパシタの利用については、例えば特開平 4-26304 号には図 9 に示したような電気自動車が提案されており、図 9 には電気二重層キャパシタ 4 と二次電池 20 とを併用した電源部による駆動方式とされている。

## 【0009】

【発明が解決しようとする課題】 二次電池を用いる電気自動車では、二次電池のパワー密度が低く、モータ始動時の大電流に対応するために、二次電池の重量を大きくせざるを得ない。また、充放電サイクル寿命が短い、0℃以下での出力が低い使用温度範囲が狭い、充電に

長時間を要する、充電が煩雑である、などのいくつかの解決すべき課題がある。

【0010】さらに、回生制動による電力を二次電池に充電する際、二次電池が大電流充電に対応できないため、その回生電気エネルギーを電気抵抗器で熱エネルギーに変換しており、車両の運動エネルギーの利用率が低いという問題がある。

【0011】二次電池と燃料電池とを電気自動車に併用するにしても、同様にパワー密度が低く、そのモータ始動時の大電流に対応させるには、燃料電池または二次電池の重量を大きくせざるを得ない。また、充放電サイクル寿命が短い、0℃以下での出力が低い、使用温度範囲が狭い、回生電気エネルギーの利用率が低いなどの解決すべき課題が依然としてある。

【0012】本発明の目的は、これらの課題を解決し、高効率で利便性が良好で、かつ、サイクル耐久性の良い電源システムを備えた電気自動車を提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明の電気自動車は、燃料電池と電気二重層キャパシタとからなる電源部を有し、同電源部により駆動されるモータを動力源としたことを特徴としている。

【0014】上記電源部にさらに二次電池を加えることによって、本発明の上記目的は達成される。

【0015】いずれの場合においても、減速トルクによる回生電力により電気二重層キャパシタおよび／または二次電池を充電するモータ制御手段を備えていることが好ましい。

【0016】また、電気二重層キャパシタの充電電圧が所定電圧より低い時には、燃料電池から電気二重層キャパシタに充電電流を供給し、電気二重層キャパシタの電圧が所定電圧より上昇した時には、電気二重層キャパシタおよび／または燃料電池の電源でモータを駆動するようにするとよい。

【0017】さらに、二次電池を備えていて電気二重層キャパシタの充電電圧が所定電圧より低い時には、燃料電池から電気二重層キャパシタに充電電流を供給し、電気二重層キャパシタの電圧が所定電圧より上昇した時には、電気二重層キャパシタおよび／または燃料電池から二次電池に対して、同二次電池の電圧が規定電圧に達するまで充電するようにするとよい。

【0018】本発明の電気自動車は、主エネルギー源が燃料電池であるため、従来の二次電池を主エネルギー源とする電気自動車と比べて、二次電池の容量ないし大きさは著しく小さくて済む。二次電池は電気二重層キャパシタの充電容量が不足した場合に補完する効果があるので、走行性能とエネルギー効率がともに向上する。

【0019】本発明において電気二重層キャパシタに所定電圧まで一定電流で充電することは、電気二重層キャ

パシタの過充電、過電流、過電圧を防ぎ、電気二重層キャパシタの安全性、長期耐久性の確保に効果がある。また、二次電池を所定電圧に達するまで、制御しながら充電することも、二次電池の安全性、充放電サイクル耐久性を確保するために好ましい効果がある。

【0020】燃料電池は一般に放電電流を大きくするために、例えば高分子固体電解質燃料電池では20～120℃の温度域で用いられる。また、リン酸型燃料電池では300～400℃の温度域で用いられる。このため、たいていこれら燃料電池の使用に先立って、電池を予熱する。電池を所定温度域まで速やかに予熱するためには、電気加熱ヒーターに大電流を流す必要があり、そのために、電気二重層キャパシタの放電による電力を用いるとよい。

【0021】燃料電池には120℃以下で作動する高分子固体電解質燃料電池を使用するのが出力密度、始動の容易性、安定性などの点で好ましい。この燃料電池の特に好ましい作動温度は30～90℃である。

【0022】本発明における電気自動車では、低負荷での定常放電の効率が良い燃料電池が低負荷時のモータ駆動を分担し、これに対して車両の発進、加速、上り坂などの高負荷での放電と回生制動での急速大電流充電を電気二重層キャパシタが分担しており、さらに好ましくはこのシステムに二次電池を加え、エネルギー効率を向上せしめる。

【0023】高分子固体電解質としては、プロトン導電性のパーフルオロスルホン酸膜、例えば旭硝子株式会社製フレミオン膜（商品名）などが用いられる。燃料電池は原理的にエネルギー効率が良いものの、負荷変動や温度変動、低温特性に難点があるので、これらの点を負荷変動、温度変動、低温特性に優れた特徴を有する電気二重層キャパシタで補完すれば、エネルギー効率が良い、運転しやすい新たな電気自動車のための電源システムを得ることが出来る。

【0024】本発明の電気自動車に使用される好ましい電気二重層キャパシタは、一対の活性炭電極間にセパレータを挟んで電解液を含浸させたものを素子とし、この素子を直列に電気接続しつつ積層してキャパシタの高電圧化を図ったものである。

【0025】また、キャパシタの活性炭電極の面積を大きくするとともに、素子を並列に電気接続しつつ積層もしくは巻回してキャパシタの大容量化を図るのが好ましい。

【0026】活性炭電極には、好ましくは活性炭粉末、活性炭繊維、導電性物質、バインダーなどからなるシート状もしくは成型複合焼結板状体が使用される。導電性物質には、好ましくはカーボンブラック、ケッチエンブラック、酸化ルテニウム、アルミニウム繊維、ニッケル、ステンレスが用いられる。

【0027】電解液には、非水溶液系および水溶液系の

いずれもが使用できるが、非水溶液系電解液を用いると、素子の耐電圧が2.5V～3.0Vに高められ、薄く低抵抗の金属箔を集電体に使用できるので、電気二重層キャパシタの小型化、低抵抗化、高エネルギー化ができる点で好ましい。

【0028】水溶液系電解液を用いた素子の耐電圧は0.8～1.0Vであるので、少なくとも5素子を直列に積層（接続）して、単位キャパシタの電圧を5V以上にして用いるのが好ましい。本発明の電気自動車に用いる単位キャパシタには、静電容量500～30000

【0029】

【作用】本発明では、パワー密度が大きく、充放電時の電流制限がほとんど無く、しかも低温充放電特性に優れ、充放電サイクル耐久性が著しく優れている電気二重層キャパシタを燃料電池と組み合わせて電源部に使用しているので、走行性能が顕著に良好な電気自動車を得られる。

【0030】

【実施例】以下、本発明の電気自動車を実施例によって具体的に説明するが、本発明はこれらの実施例によってなら限定されるものではない。

【0031】まず、図1を参照しながら第1実施例について説明する。この電気自動車は、その電源部に燃料電池3と電気二重層キャパシタ4とを備えている。燃料電池3および電気二重層キャパシタ4から放電される直流電流は、それぞれDC/ACコンバータ5a、5bを介して交流に変換され、次段のインバータ7にて適宜周波数変換され、駆動輪1、1を駆動するモータ2に供給される。

【0032】燃料電池3が燃料とするメタノールは、メタノールタンク8よりメタノール改質器9にて水素ガスに変換され、燃料電池3に供給される。図示されていないが、燃料電池3内には、パーフルオロスルホン酸膜（旭硝子株式会社製フレミオン膜、厚さ100μm）の両面に白金系電極触媒を担持させた電極と膜の接合体が設けられており、その電極と膜の接合体の両側にそれぞれ約80℃とされた空気およびメタノールの改質により得られた水素ガスを供給することにより、直流電力が得られる。この実施例では、例えば燃料電池素子を60個直列に接続して56Vの電圧を得ている。

【0033】電気二重層キャパシタ4には、以下のものを用いた。まず、活性炭粉末（比表面積1800m<sup>2</sup>/g、平均粒径3μm）82重量%、ケッチエンブラック8重量%およびフッ素樹脂バインダー10重量%を有機溶媒に均一に分散させてスラリーとした。

【0034】この活性炭スラリーを厚さ50μmのアルミニウムエッチング箔（10cm幅、100m長さ）の

両面に浸漬法によりコーティングした。なお、コーティングに先立って、予めアルミニウムエッチング箔の一部をマスキングした。

【0035】コーティングされたスラリーを120℃で3時間乾燥し、活性炭電極を10cm×10cmの寸法に付着せしめ、かつその隅に突出しているマスキング付きの集電端子を有する電極体を多数切り出した。マスキングを外した集電端子部分にアルミニウムの端子をカシメにより接合した。

10 【0036】そして、集電端子のついた電極板をマニラ麻からなるセパレータを介して対向させて積層したものをキャパシタ素子とし、正極となる集電端子を50枚相互に連結し、また、同様に負極となる集電端子を50枚相互に連結し、130℃で積層体を真空乾燥した。

【0037】次いで、積層体を角形のポリプロピレンケースに収納し、テトラエチルホスホニウムテトラフルオロボレートのプロピレンカーボネート液に溶解し、1モル/リットルの濃度とした電解液を含浸し、密閉することにより、電気二重層キャパシタを得た。

20 【0038】このキャパシタは定格2.8V、1000F、内部直流抵抗3mΩであり、20個直列に接続したものを15組並列に接続した。スタックの電圧は定格56Vで用いられる。図2にはこの大容量電気二重層キャパシタの構造が示され、また、図3にはその電極体の積層状況が示されている。

【0039】これによると、正極10と負極11とをセパレータ15を介して対向したものが積層されている。各正極10と各負極11はそれぞれリード端子12、12を介して引き出し端子13、14に接続されている。最終的に、この電極体はケース16中に収納され、上蓋17により密閉される。

【0040】次に、本発明の第2実施例を図4に基づいて説明する。実施例1と同様に電源部として、燃料電池3と電気二重層キャパシタ4とを備えているが、この電気自動車では、それに加えて二次電池20が補完用の電源として組込まれている。

【0041】図5には本発明の第3実施例が示されている。この第3実施例の基本的な構成は、実施例1と同じであるが、燃料電池3を室温から80℃に予熱する加熱用ヒーター6に対して、電気二重層キャパシタ4からその電力を供給するようにしている。

【0042】図6には本発明の第4実施例が示されている。この例ではこの電気自動車の電源部に燃料電池3と電気二重層キャパシタ4とを備えているが、車輪駆動用のモータ2には直流モータが用いられ、同モータ2にはモータ制御回路27を介して電気二重層キャパシタ4が接続されている。また、この実施例では、電気二重層キャパシタ4の端子間電圧V<sub>1</sub>を監視する電流コントロール回路26を備えている。

50 【0043】電気二重層キャパシタ4の端子間電圧V<sub>1</sub>



がモータ制御回路 27 に印加される所定の電圧設定値  $V_2$  より低い時、電流コントロール回路 26 は、電流検出器 24 で  $I_1$  なる一定電流が検出されるようスイッチング素子 21 をオンにして、燃料電池 3 からその一定電流  $I_1$  で電気二重層キャパシタ 4 を充電させる。

【0044】この充電により、電気二重層キャパシタ 4 が所定電圧に達すると、同電気二重層キャパシタ 4 の放電によりモータ 2 が起動される。また、モータ 2 が高速回転中に減速を開始すると、その回生電力は電気二重層キャパシタ 4 に充電される。電圧設定値  $V_2$  を操作して低くすることにより、定常走行は主として燃料電池 3 の電力で賄われる。なお、ダイオード 22、23 およびリアクトル 25 により、上記電流  $I_1$  を一定に保つように電流還流回路が構成されている。

【0045】図 7 には本発明の第 5 実施例が示されている。第 5 実施例は基本的に上記第 4 実施例と同様であるが、その電源部に補完用の電源として二次電池 20 が追加的に接続されている。

【0046】第 5 実施例では、電気二重層キャパシタ 4 の端子間電圧  $V_1$  と二次電池 20 の端子間電圧  $V_3$  とを比較する電圧コントローラ 38 と、電気二重層キャパシタ 4 から二次電池 20 への充電電流をオンオフするスイッチング素子 28 と、反対に二次電池 20 から電気二重層キャパシタ 4 への充電電流をオンオフするスイッチング素子 29 と、その充電電流を検出する電流検出器 35 と、同充電電流が一定となるように各スイッチング素子 28、29 を制御する電流コントロール回路 36、37 とが設けられている。

【0047】なお、各スイッチング素子 28、29 には、その電流方向を逆とするバイパス用のダイオード 31、33 がそれぞれ並列的に接続されており、また、スイッチング素子 28、29 の間には、上記充電電流を一定に保つための電流還流回路を構成するダイオード 30、32 およびリアクトル 34 が設けられている。

【0048】電気二重層キャパシタ 4 の端子間電圧  $V_1$  がモータ制御回路 27 に印加される所定電圧  $V_2$  より低い時、電流コントロール回路 26 は、電流検出器 24 で  $I_1$  なる一定電流が検出されるようスイッチング素子 21 をオンにして、燃料電池 3 からその一定電流  $I_1$  で電気二重層キャパシタ 4 を充電させる。

【0049】この充電により、電気二重層キャパシタ 4 が所定電圧に達した時点で、二次電池 20 の電圧  $V_3$  が所定電圧より低い時には、電流コントロール回路 36 によりスイッチング素子 28 がオンとされ、電気二重層キャパシタ 4 より同スイッチング素子 28 とダイオード 33 を介して電流検出器 35 による信号に基づいて所定の充電電流  $I_3$  が二次電池 20 に供給される。

【0050】また、電気二重層キャパシタ 4 の端子間電圧  $V_1$  が二次電池 20 の電圧  $V_3$  より低い時には、電流コントロール回路 37 によりスイッチング素子 29 がオ

ンとされ、二次電池 20 より同スイッチング素子 29 とダイオード 31 を介して電気二重層キャパシタ 4 に電流検出器 35 による信号に基づいて所定の充電電流  $I_2$  が供給され、このようにして電気二重層キャパシタ 4 が所定電圧に充電された後、モータ 2 が駆動される。

【0051】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の電気自動車では、つぎのような効果が奏される。すなわち、パワー密度が大きく、充放電時の電流制限がほとんど無く、しかも低温充放電特性に優れ、充放電サイクル耐久性が著しく優れている電気二重層キャパシタと、低負荷での定常放電の効率が良好な燃料電池とを組み合わせ、車両の発進、加速および上り坂などの高負荷時での放電や回生制動での急速大電流充電を電気二重層キャパシタに分担させ、低負荷時のモータ駆動を燃料電池に分担させるようにしたことにより、高エネルギー効率で走行性能が優れ、しかもサイクル耐久性の良い電気自動車が提供される。

【0052】また、電気二重層キャパシタと燃料電池に加えて二次電池を組み合わせ、電気二重層キャパシタの充電容量が不足した場合に、この二次電池から充電電流を補完するようにしたことにより、より一層の走行性能とエネルギー効率の向上が図られる。この場合、主エネルギー源と燃料電池としてのため、従来の二次電池を主エネルギー源とする電気自動車に比べて、積載する二次電池の容量および大きさは著しく小さくて済むことになる。

【0053】さらには、燃料電池もしくは二次電池により電気二重層キャパシタを充電するにあたって、その充電電流を一定とすることにより、電気二重層キャパシタの過充電、過電流、過電圧が防止され、その安全性および長期耐久性が確保できるなどの効果が奏される。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の電気自動車の第 1 実施例を示すモータ駆動系のブロック線図。

【図 2】本発明の電気自動車に用いられる電気二重層キャパシタを一部切り欠いて示した斜視図。

【図 3】上記電気二重層キャパシタの電極体の積層状況を示した斜視図。

【図 4】本発明の電気自動車の第 2 実施例を示すモータ駆動系のブロック線図。

【図 5】本発明の電気自動車の第 3 実施例を示すモータ駆動系のブロック線図。

【図 6】本発明の電気自動車の第 4 実施例に係る回路図。

【図 7】本発明の電気自動車の第 5 実施例に係る回路図。

【図 8】第 1 従来例の電気自動車のモータ駆動系のブロック線図。

【図 9】第 2 従来例の電気自動車のモータ駆動系のプロ

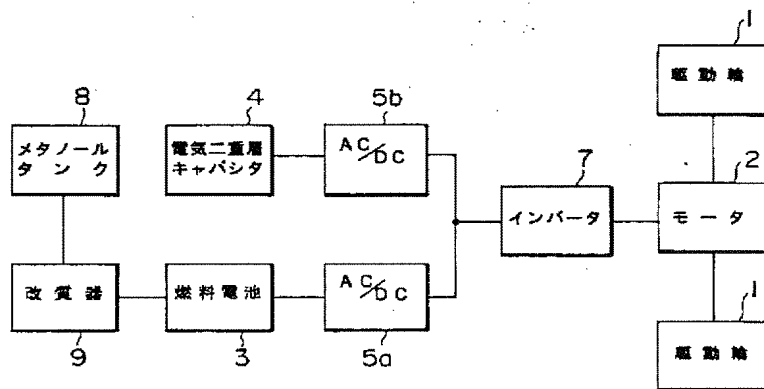
ック線図。

【符号の説明】

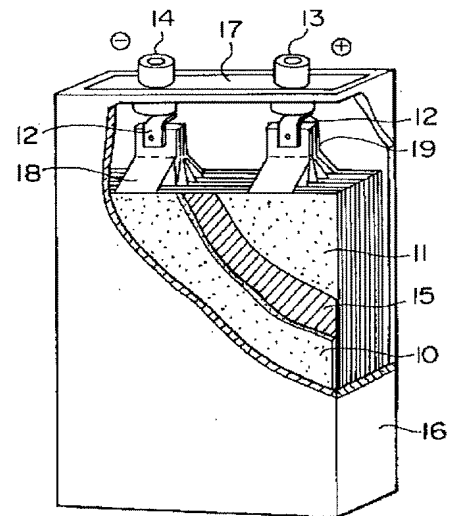
- 1 駆動輪
- 2 モータ
- 3 燃料電池
- 4 電気二重層キャパシタ
- 5 AC/DCコンバータ
- 6 燃料電池加熱用ヒーター
- 7 インバータ
- 8 メタノールタンク
- 9 メタノール改質器
- 10 負極板
- 11 正極板
- 12 電極引き出し端子

- 13 負極端子
- 14 正極端子
- 15 セパレータ
- 16 ケース
- 17 フタ
- 18、19 集電端子
- 20 二次電池
- 21、28、29 スwitching素子
- 22、23、30、31、32、33 ダイオード
- 24、35 電流検出器
- 25、34 リアクトル
- 26、36、37 電流コントローラ
- 27 モータ制御回路
- 38 電圧コントローラ

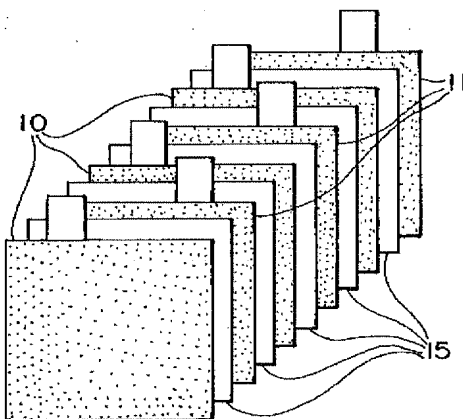
【図1】



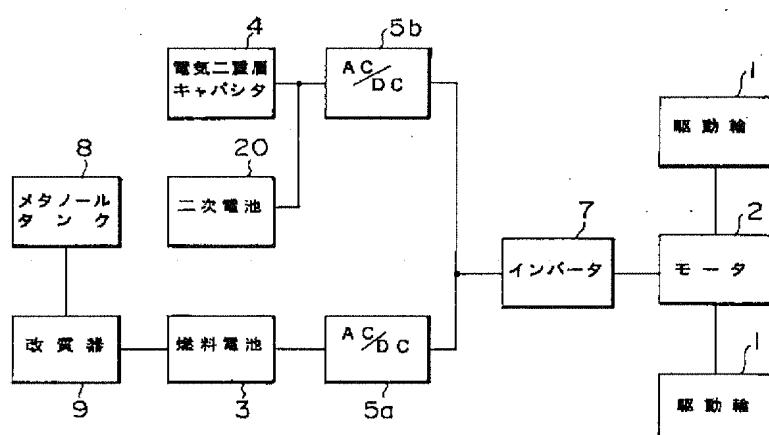
【図2】



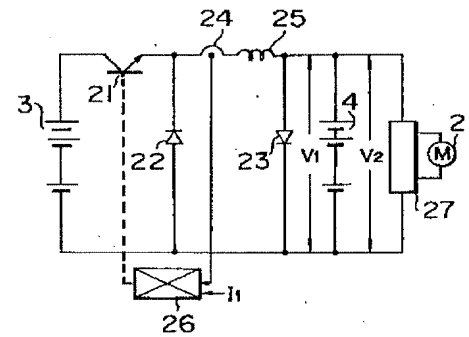
【図3】



【図4】



【图 6】



The diagram shows a three-phase motor control system. It includes three AC voltage sources (31, 35, 33) connected to a three-phase bridge rectifier (30, 32, 29). The rectifier output is connected to a three-phase inverter (21, 22, 23) through a DC link (24, 25). The inverter output is connected to a three-phase motor (27). A speed feedback loop is formed by a speed sensor (26) connected to a speed feedback controller (28). The controller output is connected to the inverter through a speed feedback loop (29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38). The speed feedback loop also includes a speed feedback controller (28) and a speed feedback loop (29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38).

メタノールタンク (8)

二次電池 (20)

AC/DC (5b)

インバータ (7)

モーター (2)

駆動輪 (1)

変換器 (9)

燃料電池 (3)

AC/DC (5a)



フロントページの続き

(72)発明者 池田 克治  
神奈川県横浜市神奈川区羽沢町1150番地  
旭硝子株式会社中央研究所内